

Estudio de la precisión y tiempo de proceso en la detección nubosa mediante tres métodos

L. Martínez, J. F. Gimeno y V. Caselles

Correo electrónico: vicente.caselles@uv.es

Departament de Termodinamica, Facultat de Física, Universitat de Valencia

c/ Dr: Moliner; 50, 46100 Burjassot (Valencia)

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es determinar la precisión, tiempo de proceso, y adecuación para la detección de los píxeles nubosos, cálculo de coberturas nubosas, y clasificación de nubes mediante tres de los métodos más usados en teledetección: coherencia espacial, umbrales y análisis de histogramas. La comparación de las metodologías propuestas se realiza con su aplicación sobre imágenes del visible (VIS) e infrarrojo térmico (TIR) obtenidas con el AVHRR/NOAA-II. Como resultado hemos observado coberturas nubosas compatibles con tiempos de proceso muy diferentes, siendo el análisis de histogramas el método más rápido.

PALABRAS CLAVE: AVHRR, precisión, tiempo de proceso, cobertura nubosa, umbrales, histograma, coherencia espacial.

ABSTRACT

The main objective of this paper is to determine the precision, processing time and suitability for cloudy pixel detection, cloud cover estimation and cloud classification with three of the more used remote sensing methods: spatial coherence, threshold, and histogram analysis. Comparison of these three methodologies has been done using visible (VIS) and thermal infrared (TIR) AVHRR/NOAA-II images. As a final result compatible cloud coverages with very different processing time, the histogram analysis being the faster method has been found.

KEY WORDS: AVHRR, precision, processing time, cloud cover, threshold, histogram, spatial coherence.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas actuales de la teledetección es la correcta identificación y eliminación de píxeles nubosos, ya que cualquier mínima contaminación nubosa puede afectar sensiblemente a los resultados (Saunders, 1986). Típicamente el 50% de la superficie de la Tierra está cubierta por nubes en algún momento por lo que la distinción entre píxeles despejados, cubiertos e incluso parcialmente cubiertos es fundamental, pero el desigual comportamiento de las coberturas nubosas genera gran heterogeneidad en los métodos de detección de nubes, tanto en procedimientos como en hipótesis físicas de partida (Sospedra, 1996).

Emplearemos tres de los métodos más usados: coherencia espacial, umbrales y análisis de histogramas; y discutiremos su precisión, tiempo de proceso, y adecuación para la detección de todos los píxeles nubosos o el cálculo de coberturas nubosas.

El área estudiada es el Sur de Níger en la región del Sabel. Su clima es semi árido con temperaturas altas todo el año, precipitación escasa y concentrada en la estación húmeda (Mayo-Octubre). La vegetación presenta dependencia latitudinal, con una estrecha zona forestal al Sur seguida de una región de transición hacia el Norte de sabana (Gilibert, 1993).

Hemos utilizado imágenes visibles (VIS) y térmicas (TIR) del sensor AVHRR/NOAA-II. El VIS

permite la detección de nubes por la elevada reflectividad y mínima absorción que presentan las partículas nubosas en dicha región espectral (Hunt, 1973). Por su parte, el TIR se usa para determinar la temperatura radiativa del techo de las nubes que estará frío respecto a la superficie del suelo por el gradiente geométrico de temperatura en la atmósfera.

En el apartado segundo describiremos el fundamento y procedimiento de aplicación de los métodos de detección analizados: coherencia espacial, umbrales y análisis de histogramas; para aplicarlos posteriormente a imágenes VIS y TIR. Sus resultados cualitativos y cuantitativos serán comparados e ilustrados gráficamente en el apartado tercero, para pasar a establecer las conclusiones de este trabajo en el apartado cuarto.

METODOLOGIA

El método de coherencia espacial parte de la mayor homogeneidad de la superficie terrestre frente a la del techo de las nubes. Este método utiliza umbrales para distinguir entre píxeles nubosos y despejados, pero toma en consideración el entorno de cada píxel. Entre sus múltiples variantes destaca el análisis de la desviación estándar en matrices 3x3 y la diferencia entre máximo y mínimo de temperatura o reflectividad, para aplicar después un umbral. Su uso en el VIS es útil en la detección de cirros tenues o en zonas de reflexión

especular del sol (Fortea, 1994; Saunders, 1986). La aplicación es compleja y falla en zonas costeras y también sobre cubiertas nubosas extensas y uniformes. Presenta dependencia con la resolución espacial del sensor y la dirección de la matriz.

El **método de umbral** se basa en la obtención de valores de magnitudes que discriminen las nubes de la superficie tanto en el VIS como en el TIR. Es el más utilizado y las magnitudes físicas más empleadas son temperatura, reflectividad y combinaciones de éstas. Su mayor inconveniente es la definición del umbral, que se fija bien empírica y subjetivamente o bien teóricamente basándose en observaciones desde superficie e incluso mediante simulaciones.

El **método de análisis de histogramas** es similar a la técnica de umbral pero el umbral se determina con el examen del histograma de las variables que son temperatura y reflectividad principalmente. Se pueden distinguir:

- Histogramas monodimensionales: estudio de la frecuencia de una magnitud. Debe presentar un máximo bien definido para nubes, otro para mar y un continuo más o menos acusado para suelo (Saunders, 1986). El análisis consiste en identificar el máximo de las nubes y definir el umbral a partir de éste. Su estudio se dificulta en presencia de máximos generados por nieve o hielo y también por solapamientos.
- Histogramas bidimensionales: estudio de la frecuencia de aparición de pares de magnitudes, una en el VIS y otra en el TIR (England y Hunt, 1985). Esto da lugar a la aparición de *clusters* en el espacio 2D, a partir de los que obtener los umbrales sabiendo que los *clusters* nubosos se sitúan en zonas de alta reflectividad y baja temperatura (Liljas, 1982).

RESULTADOS

El contorno de las formaciones nubosas de la imagen original, en la Figura 1.a, se advierte en la imagen de coherencia espacial de la Figura 1.b como máximos de desviación estándar, debido al contraste entre suelo y nubes. El interior de las grandes nubes tiene desviación estándar nula por la saturación de sus píxeles (un 9% del total en la imagen térmica). La Figura 2.a muestra la variación de la desviación estándar con el nivel digital de los píxeles y se observa un máximo asociado al límite suelonube, pero los píxeles saturados del

interior de las nubes dificultan la continuidad del mismo. Esto desaconseja el uso de la técnica de coherencia espacial para calcular coberturas nubosas por aplicación de un umbral, pero sí permite establecer los contornos de las nubes con precisión (Fortea, 1994).

La aplicación del método del umbral se realizó tratando de reducir al máximo la subjetividad del mismo. Para tal fin se aproximó de forma manual una cota superior e inferior, tanto en la imagen visible como en la térmica, hasta fijar el umbral. A partir de éste calculamos la cobertura nubosa que se encuentra en la Tabla 1. Los píxeles nubosos seleccionados con los umbrales constituyen las máscaras nubosas que se observan en la Figura 1.c. Si estudiamos la variación de la cobertura nubosa con el umbral (ver Figura 2.b), percibimos un cambio de pendiente que coincide con el valor seleccionado. Esta coincidencia confirma el resultado obtenido.

El método de histograma monodimensional lo aplicamos realizando el ajuste de dos curvas gaussianas superpuestas sobre el histograma de nivel digital. El nivel de confianza empleado fue del 95%. La Figura 2.c muestra uno de estos ajustes, resultado de la superposición del conjunto de picos individuales de suelo o nubes (Porcú y Levizzani, 1992). La anchura de los picos del histograma se altera por la presencia en la imagen original de píxeles con cobertura nubosa parcial. La intersección de las dos curvas ajustadas fija los umbrales del método. El valor de la cobertura nubosa puede verse en la Tabla 1 y las máscaras de nubes correspondientes se muestran en la Figura 1.d.

Los valores de umbral y cobertura nubosa son compatibles, en visible y térmico, para los métodos de umbral e histograma monodimensional como muestran la Figura 1.c y la Figura 1.d. La precisión de ambos métodos es del mismo orden de magnitud como indica la Tabla 1. Las máscaras de cobertura nubosa del canal visible e infrarrojo térmico no coinciden. Esto demuestra que la eficiencia de detección nubosa es asimétrica para los dos canales. Así la detección de todos los posibles píxeles nubosos se realizará con la unión de las máscaras y la detección de auténticos píxeles nubosos con la intersección de las máscaras. Para efectuar una clasificación de tipos de nubes, se precisará tanto de las máscaras como de su unión e intersección.

Magnitud / Metodo		Método de umbral	Método de histograma monodimensional
Cobertura nubosa %	VIS	18.1±1.7	15.5±0.9
	TIR	45±5	48±5
Umbral	VIS	111±4	117±3
	TIR	151±8	155±7
Tiempo de proceso		Más de 30 minutos	Menos de 10 minutos

Tabla 1. Cobertura nubosa porcentual, nivel digital umbral y tiempo de proceso de los métodos de detección nubosa de umbral y análisis de histograma monodimensional sobre imagen visible (VIS) e infrarrojo térmico (TIR).

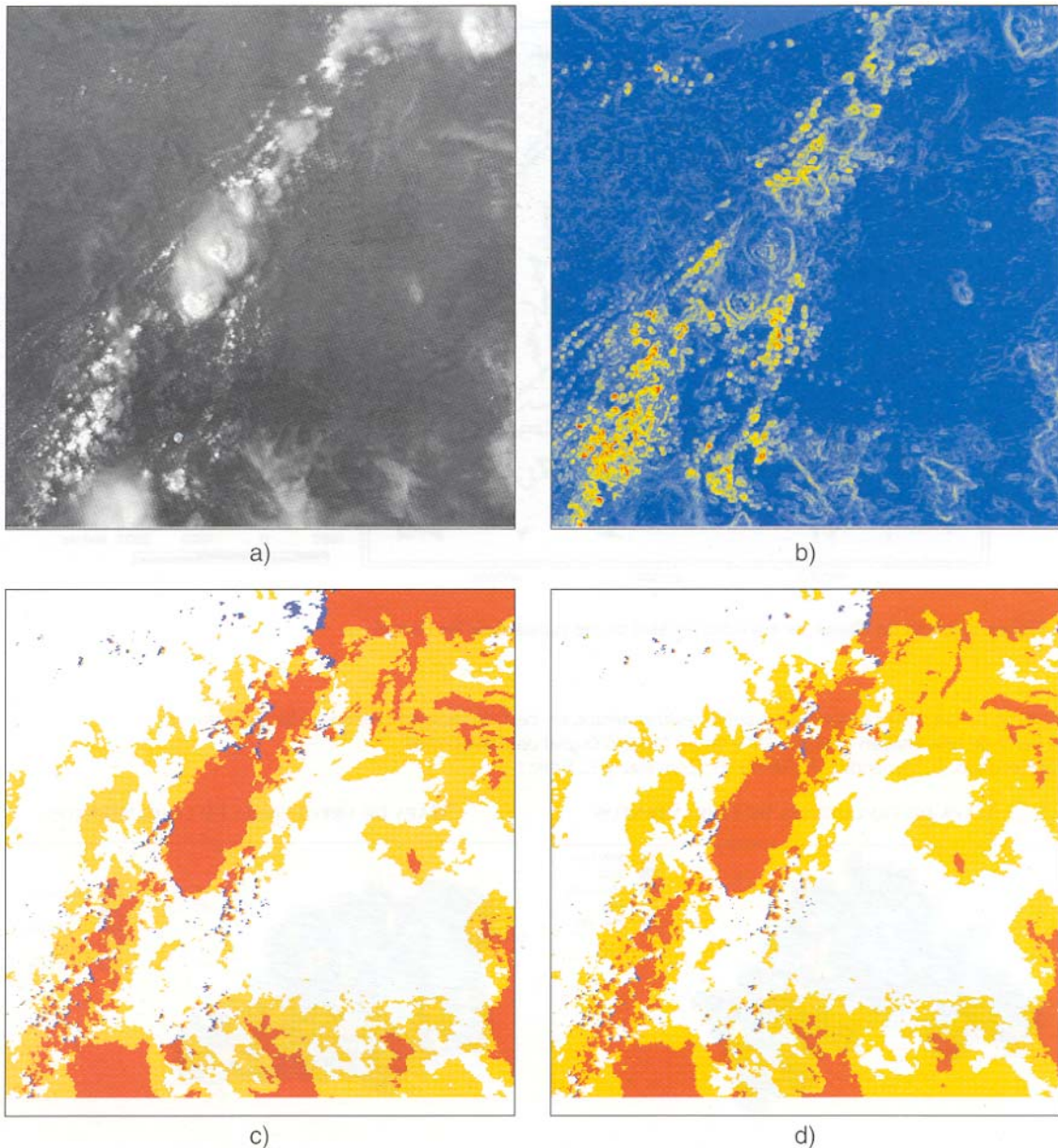


Figura 1. Imágenes y resultados de los métodos de detección nubosa aplicados. (a) Imagen visible original. (b) Imagen visible procesada por coherencia espacial. (c) Máscaras de nubes del método de umbrales. Máscara sólo visible en azul. Máscara sólo infrarrojo térmico en amarillo. Máscara intersección visible e infrarrojo térmico en rojo. (d) Máscaras de nubes del método de análisis de histograma monodimensional. Máscara sólo visible en azul. Máscara sólo infrarrojo térmico en amarillo. Máscara intersección visible e infrarrojo térmico en rojo.

Los resultados de ambos métodos son compatibles, pero la gran diferencia entre uno y otro es el tiempo que requiere la aplicación de cada uno de ellos y que refleja la Tabla 1.

El método de histograma monodimensional es mucho más veloz por requerir menor intervención del operador, lo que minimiza la subjetividad del resultado y hace posible el análisis de gran cantidad de imágenes en menos tiempo, con resultados igual de precisos.

El histograma bidimensional de los canales infrarrojo térmico y visible de la imagen, se muestra en la Figura 2.d. Lo hemos empleado para analizar

cuantitativamente las distintas clases de nubes de la imagen ya que un píxel despejado se sitúa en baja reflectividad y alta temperatura, pero uno nuboso busca regiones más reflectantes y frías. Las nubes detectadas sólo por un canal cumplen únicamente una de las condiciones anteriores. Esto hace que de la elevada densidad de frecuencia de píxeles despejados surjan ramas de diferentes clases de nubes, en su mayoría nubes frías de baja reflectividad (poco densas) bien detectadas por el canal térmico, pero de deficiente identificación en visible; lo que justifica la discrepancia entre las máscaras visible y térmica.

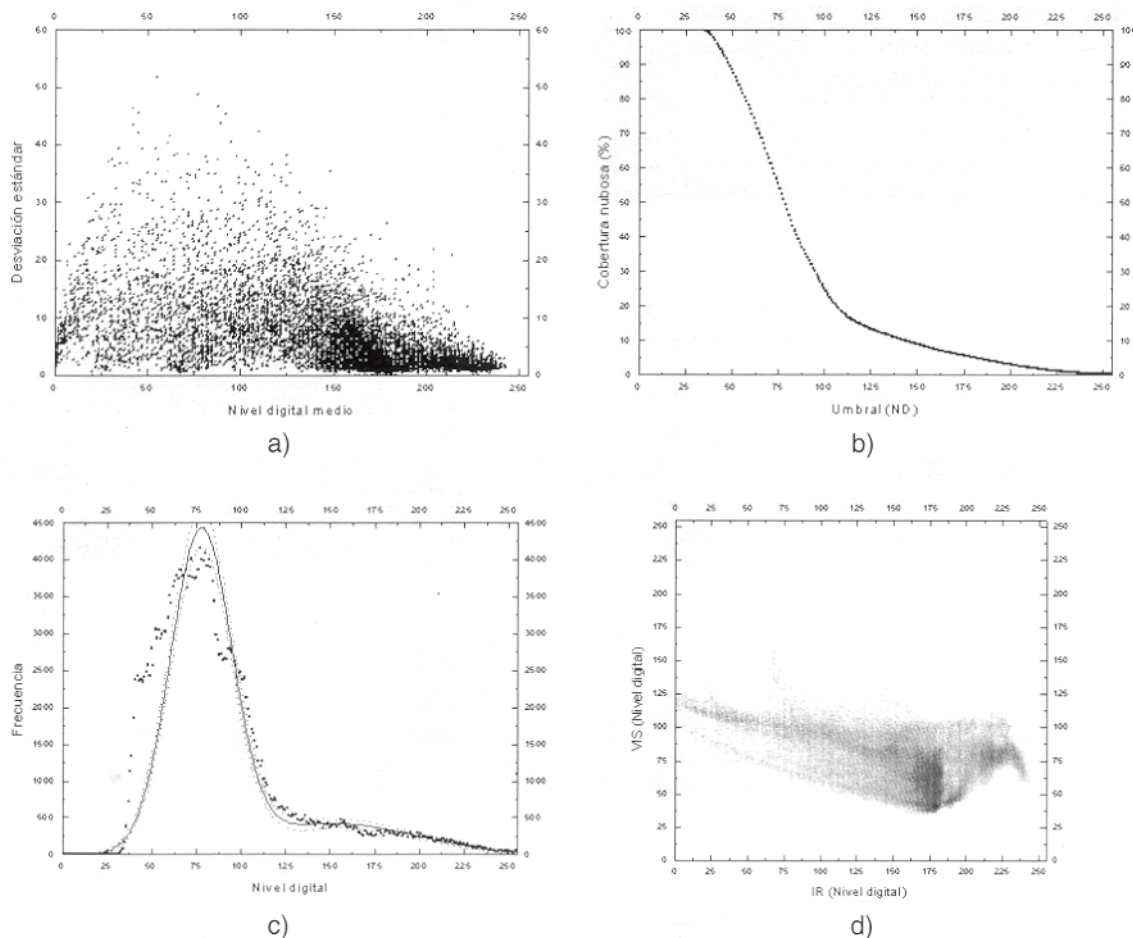


Figura 2. (a) Gráfica de desviación estándar para los niveles digitales de la imagen térmica. (b) Gráfica de la cobertura nubosa nivel digital umbral de la imagen VIS. (c) Ajustes gaussianos sobre histograma monodimensional de la imagen visible. (d) Histograma bidimensional de los canales visible e infrarrojo térmico.

Los cortes de las ramas de nubosidad extendidas a zonas frías, se deben a los píxeles con nivel digital nulo en la imagen térmica, mientras que el núcleo de píxeles despejados queda acotado correctamente mediante los umbrales de los métodos de histograma y umbral, por ser las propiedades del suelo prácticamente constantes.

CONCLUSIONES

El método de coherencia espacial es ineficaz para el análisis cuantitativo en imágenes que contengan muchos píxeles saturados, pero permite identificar el contorno de las nubes gracias al límite sueltonube.

El método de umbral aplicado proporciona un control riguroso sobre la determinación de umbrales, obtenidos con buena precisión, pero es subjetivo y lento. El método de histogramas fue aplicado cuantitativamente sobre los histogramas monodimensionales y cualitativamente sobre los histogramas bidimensionales. Los primeros dan resultados compatibles con el método de umbral, pese sus arriesgadas hipótesis sobre la superposición de picos, pero con un tiempo de proceso mucho menor. Mientras que los segundos reflejan cualitativamente las clases de nubes de la imagen.

La asimétrica eficiencia de detección para los canales visible e infrarrojo térmico, deducida con las máscaras nubosas, se puede aprovechar para realizar una clasificación de nubes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos expresar nuestra gratitud a María Amparo Sánchez Alandí por su accesibilidad e interés hacia nuestros progresos. También queremos agradecer la colaboración de otras personas como Francisco Sospedra, el Dr. Ernesto López-Baeza, Alejandro Bodas, el Dr. Demetrio Segarra y el Dr. Enric Valor por sus orientaciones y consejos.

BIBLIOGRAFIA

- ENGLAND C.F. y. HUNT, G.E. 1985. A bispectral method for automatic determination of parameters for use in imaging satellite cloud retrievals. *Int. J. Remote Sensing*. 6:9, 1545-1553
- FORTEA, J.C. 1994. Estimación del balance de radiación solar utilizando datos Meteosat. Tesis de Licenciatura. Departament de Tennodinarnica. Facultat de Física. Universitat de Valencia.
- GILABERT, M.A. 1993. Estudio de la zona del Sabel (África), en Curso de Postgrado: J. Melia y S. Gandia

- (editores), *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y desertificación* (Servei de Publicacions Universitat de Valencia. Valencia.), pp. 269-291
- HUNT, G.E. 1973. Radiative properties of terrestrial clouds at visible and infrared thermal window wavelengths. *Quart. J. Roy. Met. Soc* 99: 346-369
- LIUAS, E. 1982. Automated Techniques for the Analysis of Satellite Cloud Imagery, en: K. A. Browning (editor), *Nowcasting* (Academic Press, London.), pp. 167-176
- PORCÚ, F. y LEVIZZANI, V. 1992. Cloud classification using METEOSAT VIS-IR imagery. *Int. J. Remote Sensing*. 13:5, 893-909
- SAUNDERS, R.W. 1986. An automated scheme for the removal of cloud contamination from AVHRR radiances over western Europe. *Int. J. Remote Sensing*. 7:7, 867-886
- SOSPEDRA, F. 1996. Un modelo operativo para la determinación de la proporción de nubosidad en imágenes de satélite. Tesis de Licenciatura. Departament de Termodinàmica. Facultat de Física. Universitat de Valencia.